Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель: установление влияния разных факторов на урожайность и водопотребление яровой пшеницы в богарных условиях в Приазовской зоне Ростовской области. **Материалы и методы.** Место и время проведения исследований – опытный стационар федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», 2017–2019 гг. Изучались: способы основной обработки почвы (отвальная, комбинированная, поверхностная); фоны удобрений (высокий – $N_{80}P_{80}K_{80}$, средний – $N_{40}P_{40}K_{40}$, без удобрений); особенности водопотребления яровой пшеницы в разные по тепловлагообеспеченности годы. При проведении полевых наблюдений и исследований использовались общепринятые методики Б. А. Доспехова, А. Н. Костякова, А. Ф. Вадюниной. **Результаты.** Выявлено, что для сорта Донэла М лучшие условия создаются при отвальной вспашке на 25–27 см и фоне удобрений $N_{80}P_{80}K_{80}$, обеспечивая урожайность 36,9 ц/га. В аналогичном варианте комбинированной обработки (поверхностная на 14–16 см БДТ-3 + щелевание на 40–45 см Щ-2) наблюдалось снижение урожайности на 1,5 ц/га, или на 4,1 %. Наибольшая эффективность использования удобрений отмечена в варианте со средним фоном питания и отвальным способом обработки, составив 6,33 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных НРК. В благоприятный по тепловлагообеспеченности год ($ГТК = 0,85$) эффективность использования удобрений была в 1,66 раза выше, чем в засушливый с $ГТК = 0,20$. Самый низкий коэффициент водопотребления получен при отвальной вспашке, составив 575 кубических метров на тонну. **Выводы.** В условиях дефицита ресурсов, наряду с вариантом возделывания яровой пшеницы отвальная вспашка + фон удобрений $N_{80}P_{80}K_{80}$, возможно применение ресурсосберегающей комбинированной обработки и среднего фона $N_{40}P_{40}K_{40}$, позволяющих снизить энергозатраты и получить лучшую отдачу от применения удобрений.

Ключевые слова: яровая пшеница; способ обработки; фон удобрений; урожайность; прибавка; водопотребление, окупаемость.

N. N. Voshedskiy, V. A. Kulygin

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation

INFLUENCE OF METHODS OF SPRING WHEAT CULTIVATION ON YIELD AND WATER CONSUMPTION UNDER RAINFED CONDITIONS IN ROSTOV REGION

Purpose: to determine the influence of various factors on the yield and water consumption of spring wheat in rainfed conditions in Priazov zone Rostov region. **Materials and methods.** The place and time of the research is the experimental station of Federal State Budgetary Institution “Federal Rostov Agrarian Scientific Center”, 2017–2019. Studied: the methods of primary tillage (moldboard, combined, surface); fertilizer backgrounds (high –

N₈₀P₈₀K₈₀, medium – N₄₀P₄₀K₄₀, without fertilizers); features of spring wheat water consumption in different years of heat and moisture. When conducting field observations and research, the generally accepted methods of B. A. Dospekhov, A. N. Kostyakov and A. F. Vadyunina were used. **Results.** It was revealed that the best conditions for the Donela M variety are created with a moldboard plowing of 25–27 cm and a background of N₈₀P₈₀K₈₀ fertilizers, providing a yield of 36.9 c/ha. In a similar variant of the combined tillage (surface treatment on 14–16 cm BDT-3 + slitting on 40–45 cm Sch-2), a decrease in yield by 1.5 c/ha, or 4.1 %, was observed. The greatest efficiency in the use of fertilizers was noted in the variant with an average supply background and a moldboard tillage, amounting to 6.33 kg of additional products per 1 kg of NPK added. In a favorable for heat and moisture supply (hydrothermic coefficient HTC = 0.85) year the efficiency of fertilizer application was 1.66 times higher than in a dry year with HTC = 0.20. The lowest coefficient of water consumption was obtained during moldboard plowing, amounting to 575 cubic meters per ton. **Conclusions.** Under the conditions of resource shortage, along with cultivating spring wheat by moldboard plowing + N₈₀P₈₀K₈₀ fertilizer background, it is possible to use resource-saving combined tillage and an average N₄₀P₄₀K₄₀ background, which can reduce energy costs and get the best return on fertilizer application.

Key words: spring wheat; tillage method; fertilizer background; yield; increase; water consumption, payback.

Введение. В богарных условиях в Ростовской области яровая пшеница остается одной из основных зерновых культур раннего срока сева, относительно хорошо адаптивной к возделыванию в зоне недостаточного увлажнения. Ее посевная площадь превышает 84 тыс. га. Повышенное содержание белка в зерне обусловило спрос на яровую пшеницу в качестве ценного источника получения качественной муки. Обладая высокими хлебопекарными и вкусовыми свойствами, зерно культуры находит широкое применение при производстве качественных макарон, вермишели, манных и пшеничных круп, другой продукции. Наиболее востребованными в современных условиях являются твердые сорта яровой пшеницы [1, 2]. При этом, по данным Минсельхоза, средняя фактическая урожайность яровой пшеницы в Ростовской области не превышает 16–19 ц/га, что значительно ниже реального потенциала культуры [3, 4].

Яровая пшеница отличается относительно высокой засухоустойчивостью, значительно превосходящей по данному показателю озимый вид этой культуры [1]. Но при возделывании в зоне недостаточного увлажнения именно дефицит почвенной влаги в периоды наибольшей водопотребности яровой пшеницы является главным фактором, ограничиваю-

щим раскрытие потенциала культуры, негативно влияющим на ее продуктивность [1, 2, 5]. Критические периоды по отношению к влаге для яровой пшеницы – кущение и цветение, в которые степень обеспеченности растений почвенной водой оказывает решающее влияние на формирование урожайности зерна [1, 2]. Поэтому необходимое для нормального роста растений количество атмосферных осадков и их оптимальное распределение по фазам вегетации в зоне недостаточно увлажнения – один из главных факторов высокой продуктивности культуры [2, 4, 6].

Известно, что из зерновых культур яровая пшеница наиболее требовательна к механическому составу и плодородию почвы. Это обусловлено спецификой свойств корневой системы, имеющей пониженную усваивающую способность, а также коротким периодом вегетации данной культуры. Яровая пшеница хорошо отзывается на внесение удобрений. Однако потребление элементов питания по периодам роста неравномерно. Наибольшая потребность культуры в азотном питании отмечается в фазах кущения и выхода в трубку, когда образуются дополнительные стебли, корни, колосья и цветки. Фосфор наиболее востребован растениями от начала кущения до выхода в трубку, а калий – при колошении пшеницы и наливе зерна. Фосфорные удобрения, по сравнению с азотными, дают меньшую прибавку урожая зерна, но способствуют лучшему усвоению растениями азота и калия. Достаточное минеральное питание стимулирует лучшее развитие корневой системы, экономный расход воды растениями и лучшую адаптацию культуры к засушливым условиям [1, 2]. В то же время известно, что высокие температуры в период вегетации (до 25 °С и более), обилие азотного питания и периодическая переувлажненность почвы часто вызывают полегание хлебов и, как следствие, существенные потери урожая [1, 5].

Среди перспективных направлений решения проблемы качественного повышения продуктивности яровых зерновых культур, в т. ч. яровой пшеницы, – совершенствование наиболее энергозатратных элементов тех-

нологий возделывания (обработка почвы, фон удобрений) в аспекте ресурсосбережения. Важную роль в данном вопросе может сыграть широкое практическое внедрение новых, интенсивных сортов, приспособленных к конкретным почвенно-климатическим условиям произрастания, применение эффективных средств защиты растений, улучшение механизации производства [4, 7]. Кроме того, в условиях усиления аридности климата актуальным остается изучение особенностей водопотребления, влияния тепловлагообеспеченности вегетационных периодов сельскохозяйственных культур на их продуктивность.

В связи с вышесказанным целью наших исследований являлось установление влияния ключевых элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление яровой пшеницы в богарных условиях в Приазовской зоне Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования, проводившиеся на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ в 2017–2018 гг. [7], были завершены в 2019 г. Объектом исследований являлся новый сорт яровой пшеницы Донэла М [8]. Изучалось влияние способов основной обработки почвы и фонов удобрений на урожайность и водопотребление данного сорта в почвенно-климатических условиях стационара. При проведении исследований использовалась типичная схема опытов с зерновыми культурами, применяемая в ФГБНУ ФРАНЦ [4, 7]. Пространственное расположение вариантов опыта – в трехкратной повторности. При этом изучаемые факторы по вариантам были наложены друг на друга. Опыт двухфакторный.

Фактор А – способ обработки почвы:

- 1) отвальная на глубину 25–27 см (ПЛН-4-35) (О) (контроль);
- 2) комбинированная (поверхностная на 14–16 см БДТ-3 + щелевание на 40–45 см (Щ-2)) (К);
- 3) поверхностная на 12–14 см (АКВ-4) (П).

Фактор Б – режим питания растений:

- 1) без удобрений (контроль) (б/у);
- 2) средний уровень питания – $N_{40}P_{40}K_{40}$ (0,5 NPK);
- 3) высокий уровень питания – $N_{80}P_{80}K_{80}$ (NPK) [7].

Внесение удобрений на посевах яровой пшеницы производилось дробно: перед основной обработкой почвы в зависимости от варианта вносились дозы $P_{80}K_{80}$ и $P_{40}K_{40}$. В весенний период (перед кущением) делались азотные подкормки (аммиачная селитра) дозами N_{80} и N_{40} .

Энергетические затраты при разных основных обработках почвы под яровую пшеницу имели значительные отличия, составив при отвальной обработке 352 МДж/га, при комбинированной – 124 МДж/га, при поверхностной – 92 МДж/га [7].

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным среднесуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–4,2 %, общего азота 0,22–0,25 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,1–7,3). Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,26 г/см³ [7]. Агротехника при проведении опыта соответствовала зональным рекомендациям [9], наблюдения и расчеты производились на основании общепринятых методик [10].

Результаты и обсуждения. В годы исследований обеспеченность растений яровой пшеницы теплом и влагой как по отдельным периодам, так и в целом за вегетацию имела существенные отличия, что характерно отражают данные, полученные в варианте с отвальной вспашкой и высоким фоном удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Тепловлагообеспеченность вегетационных периодов яровой пшеницы

Период вегетации	Год	Длина фазы, сут	Сумма T , °С	Среднесуточная T , °С	Осадки, м ³ /га	ГТК
1	2	3	4	5	6	7
Посев – всходы	2017	11	121,8	11,1	240	1,97
	2018	14	170,2	12,2	26	0,15
	2019	12	140,6	11,7	346	2,46

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Всходы – конец кущения	2017	19	239,4	12,6	512	2,14
	2018	22	376,2	17,1	80	0,21
	2019	20	278	13,9	44	0,16
Выход в трубку – колошение	2017	28	429,5	15,3	392	0,91
	2018	23	446,7	19,4	160	0,36
	2019	27	539,9	20,0	752	1,39
Цветение – молочная спелость	2017	25	529,8	21,2	334	0,63
	2018	20	469,1	23,4	8	0,02
	2019	21	535,3	25,5	4	0,01
Восковая спелость – полная спелость	2017	24	556,0	23,2	144	0,26
	2018	19	505,9	26,6	112	0,22
	2019	23	491,9	21,4	316	0,64
Вегетационный период	2017	107	1876,5	17,5	1591	0,85
	2018	98	1968,1	20,1	386	0,20
	2019	103	1985,7	19,3	1462	0,74

В период «посев – всходы» наиболее благоприятные условия для прорастания семян отмечены в 2017 г., когда наблюдались наиболее быстрые всходы (на 11-й день), чему способствовала соответствующая сумма активных температур и осадков, выразившаяся в ГТК, составившем 1,97. Противоположные климатические характеристики аналогичного периода наблюдались в 2018 г. с минимальным количеством осадков и максимальной суммой температур, а ГТК не превысил 0,15. Самый высокий ГТК в начальный период вегетации культуры отмечен в 2019 г. – 2,46, что отражает условия переувлажненности прорастающих и всходящих семян.

Период «всходы – конец кущения» является одним из самых важных в вегетации культуры, так как во время кущения растений закладывается колос, образуются стеблевые корни – основа высокого урожая. Этот период считается критическим по отношению пшеницы к влаге, и ослабление водоснабжения растений необратимо снижает потенциал образования колоса и отрицательно влияет на будущую урожайность. Последствия этих негативных условий позже невозможно поправить никакими факторами воздействия. Наиболее благоприятными для вегетации растений условия были в 2017 г., что отражает ГТК данного периода – 2,14. В следующие

годы отмечена ранневесенняя засуха, ослаблявшая укоренение – кущение пшеницы, а ГТК не превышал 0,21–0,16. Особенно негативные условия отмечены в 2019 г., когда при дефиците осадков среднесуточная температура воздуха в данный период была низкой, не превышая 13,9 °С.

Известно, что в период «выход в трубку – колошение», когда наблюдается интенсивный прирост вегетативной массы, имеет место наибольшее потребление растениями пшеницы влаги (до 50–60 % от общего расхода). Лучшие условия для роста растений наблюдались в 2019 г., когда за счет высоких температур воздуха, сочетавшихся с обильными осадками в данный период, ГТК достиг 1,39. Также относительно благоприятное аналогичное соотношение тепла и влаги отмечено в 2017 г. – 0,91. В 2018 г. этот показатель был самым низким, не превысив 0,36.

Период «цветение – восковая спелость» также оказывает большое влияние на формирование урожайности зерна. Фаза «цветение – опыление», когда происходит завязь будущего урожая, считается вторым критическим периодом водопотребления пшеницы, хотя ее продолжительность не превышает 5–6 дней. Благоприятные условия для развития растений в данный период отмечены в 2017 г., что отражает ГТК 0,63. В 2018 и 2019 гг. аналогичное сочетание тепла и влаги было крайне неблагоприятным для пшеницы – практическое отсутствие осадков при высоких температурах воздуха предопределило крайне низкий ГТК (0,02 и 0,01) для указанного периода, что негативно сказалось на условиях роста культуры.

В период «восковая спелость – полная спелость» потребность растений пшеницы во влаге небольшая. Но во все годы исследований на это время приходилось определенное количество тепла и влаги. Особенно высокий ГТК периода отмечен в 2019 г. – 0,64. При этом следует отметить, что осадки, выпавшие в этот период во все рассматриваемые годы, приходились на самый конец вегетации яровой пшеницы и оказать существенного влияния на урожайность зерна не могли.

В целом самым благоприятным по тепловлагообеспеченности для яровой пшеницы был 2017 г., когда ГТК вегетационного периода составил 0,85. Наиболее стрессовые условия для роста и развития культуры наблюдались в 2018 г.: при дефиците осадков и высоких температурах воздуха ГТК не превысил 0,20. Несмотря на относительно высокий ГТК вегетационного периода 2019 г. (0,74), следует отметить, что в критические периоды водопотребления пшеницы отмечался острый дефицит влаги и тепла. Значительная часть выпавших осадков пришлась на послепосевной (34,6 мм) и заключительный периоды созревания пшеницы (31,6 мм), когда потребность растений во влаге незначительна.

Разные способы основной обработки почвы, фоны удобрений, климатические условия вегетационных периодов оказали влияние на изменение урожайности яровой пшеницы по годам исследований и в зависимости от изучаемых факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние элементов технологии на урожайность яровой пшеницы, 2017–2019 гг.

В ц/га

Способ обработки	Фон питания			Фактор А
	б/у (контроль)	0,5 NPK	NPK	
1	2	3	4	5
2017 г.				
Отвальный (контроль)	29,0	38,3	44,1	37,1
Комбинированный	27,3	34,8	40,6	34,2
Поверхностный	21,8	25,7	29,2	25,6
Фактор Б	26,0	32,9	38,0	
2018 г.				
Отвальный	22,8	28,4	31,9	27,7
Комбинированный	24,3	29,5	33,2	29,0
Поверхностный	21,6	24,2	27,8	24,5
Фактор Б	22,9	27,4	31,0	
2019 г.				
Отвальный	24,1	32,1	34,7	30,3
Комбинированный	22,7	30,2	32,4	28,4
Поверхностный	21,2	26,6	29,1	25,6
Фактор Б	22,7	29,6	32,1	
Среднее за 2017–2019 гг.				
Отвальный	25,3	32,9	36,9	31,7
Комбинированный	24,8	31,5	35,4	30,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Поверхностный	21,5	25,5	28,7	25,2
Фактор Б	24,9	30,0	33,7	
2017 г.: НСР ₀₅ = 1,26 ц/га; фактор А: НСР ₀₅ = 1,14 ц/га; фактор Б: НСР ₀₅ = 1,39 ц/га. 2018 г.: НСР ₀₅ = 1,14 ц/га; фактор А: НСР ₀₅ = 1,04 ц/га; фактор Б: НСР ₀₅ = 1,19 ц/га. 2019 г.: НСР ₀₅ = 1,19 ц/га; фактор А: НСР ₀₅ = 1,09 ц/га; фактор Б: НСР ₀₅ = 1,25 ц/га				

Влияние способов основной обработки почвы, независимо от фона питания (фактор А), в разные годы исследований имело заметные отличия. В относительно благоприятном по тепловлагообеспеченности 2017 г. (ГТК = 0,85) самая высокая средняя урожайность зерна по фактору А отмечена после отвальной вспашки, принятой за контроль (37,1 ц/га). В условиях комбинированной обработки отмечено снижение урожайности на 2,9 ц/га, что составило 7,8 %, по сравнению с контролем. При поверхностной обработке аналогичное снижение достигло 11,5 ц/га, или 31 %.

Несколько иные тенденции изменения урожайности по данному фактору отмечены в засушливом 2018 г. (ГТК = 0,20), когда лучшая урожайность была получена в условиях комбинированной обработки – 29,0 ц/га, что на 1,3 ц/га, или 4,7 %, больше, чем на контроле. В вариантах поверхностной основной обработки урожайность была ниже на 3,2 ц/га (18,2 %), чем при отвальной вспашке.

В условиях 2019 г. (ГТК = 0,74) по фактору А самая высокая средняя урожайность получена после отвальной вспашки – 30,3 ц/га. В вариантах комбинированной и поверхностной обработок данный показатель был ниже соответственно на 1,9 ц/га (6,3 %) и 4,7 ц/га (15,5 %).

Таким образом, в благоприятные по тепловлагообеспеченности годы (ГТК 0,85 и 0,74) более высокая урожайность, независимо от фона удобрений, получена при отвальном способе основной обработки, а в засушливый год (ГТК 0,20) – при комбинированном. В среднем за годы исследований по фактору А лучшая урожайность обеспечивалась отвальной обработкой, составив 31,7 ц/га. При комбинированной обработке этот показатель был меньше на 1,1 ц/га, или на 3,5 %.

В вариантах опыта в абсолютном значении более высокая средняя урожайность зерна за годы исследований получена при отвальной обработке и фоне удобрений $N_{80}P_{80}K_{80}$ – 36,9 ц/га. В условиях комбинированной обработки при аналогичном фоне питания урожайность оказалась ниже на 1,5 ц/га, или на 4,1 %, по сравнению с отвальной вспашкой.

Указанный вариант (отвальная вспашка, фон NPK) способствовал и наибольшей средней прибавке урожайности от применения удобрений, которая составила 11,6 ц/га, или 45,8 %, по сравнению с участками естественного плодородия.

Воздействие разных фонов удобрений, независимо от способов основной обработки почвы (фактор Б), на урожайность яровой пшеницы в годы исследований имело общие закономерности. В 2017 г. фон удобрений $N_{40}P_{40}K_{40}$ способствовал получению средней прибавки урожайности зерна 6,9 ц/га, или 26,5 %, фон $N_{80}P_{80}K_{80}$ обеспечивал увеличение на 12,0 ц/га, или на 46,2 %, по сравнению с контролем. В 2018 и 2019 гг. средние аналогичные прибавки по фактору Б составили соответственно: 4,5 ц/га (19,7 %) и 8,1 ц/га (35,4 %), 6,9 ц/га (30,4 %) и 9,4 ц/га (41,4 %).

В среднем за годы исследований по фактору Б средний фон питания, независимо от способа основной обработки, обеспечивал прибавку урожайности 5,1 ц/га, или 20,5 %, высокий фон – 8,8 ц/га, что составило 35,3 %, по сравнению с контролем. Увеличение урожайности происходило по мере возрастания уровня интенсификации питания и улучшения тепловлагообеспеченности вегетационного периода. Так, в варианте с фоном NPK средняя прибавка в год с ГТК = 0,85 составила 46,2 %, а в год с ГТК = 0,20 не превысила 35,4 % по сравнению с контролем.

Аналогичные тенденции отмечены и при оценке эффективности использования удобрений по годам исследований (таблица 3).

Средний фон минерального питания способствовал повышению урожайности зерна, независимо от способа основной обработки почвы, в

2017 г. на 3,9–9,3 ц/га, или на 17,9–32,1 %, по сравнению с контролем. При этом отдача от применения удобрений составила 3,25–7,75 кг/кг. В 2018 и 2019 гг. аналогичные прибавки составили соответственно 2,6–5,6 ц/га и 12,0–24,6 %, 5,4–8,0 ц/га и 25,5–33,2 %, а отдача – 2,17–4,67 и 4,50–6,67 кг/кг.

Таблица 3 – Эффективность использования удобрений на яровой пшенице

Фон удобрений	Год	Способ основной обработки	Прибавка урожайности		Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая, кг
			ц/га	%	
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	2017	отвальный	9,3	32,1	7,75
		комбинированный	7,5	27,5	6,25
		поверхностный	3,9	17,9	3,25
	2018	отвальный	5,6	24,6	4,67
		комбинированный	5,2	21,4	4,33
		поверхностный	2,6	12,0	2,17
	2019	отвальный	8,0	33,2	6,67
		комбинированный	7,5	33,0	6,25
		поверхностный	5,4	25,5	4,50
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2017	отвальный	15,1	52,1	6,29
		комбинированный	13,3	48,7	5,54
		поверхностный	7,4	33,9	3,08
	2018	отвальный	9,1	39,9	3,79
		комбинированный	8,9	36,6	3,71
		поверхностный	6,2	28,7	2,58
	2019	отвальный	10,6	44,0	4,42
		комбинированный	9,7	42,7	4,04
		поверхностный	7,9	37,3	3,29
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	2017–2019	отвальный	7,6	30,0	6,33
		комбинированный	6,7	27,0	5,58
		поверхностный	4,0	18,6	3,33
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	2017–2019	отвальный	11,6	45,8	4,83
		комбинированный	10,6	42,7	4,42
		поверхностный	7,2	33,5	3,00

В вариантах с высоким фоном питания при разных способах обработки почвы прибавки урожайности от удобрений составили: в 2017 г. – 7,4–15,1 ц/га, или 33,9–52,1 %; 2018 г. – 6,2–9,1 ц/га (28,7–39,9 %); 2019 г. – 7,9–10,6 ц/га, что составило 37,3–44,0 %, по сравнению с контролем. Отдача от внесения 1 кг удобрения в указанные годы составила соответственно 3,08–6,29 кг, 2,58–3,79 и 3,29–4,42 кг дополнительной продукции.

Отличие в показателях прибавок урожайности по годам и фонам пи-

тания обусловило пропорциональное изменение данных об окупаемости удобрений. Наиболее наглядно эта разница просматривается в годы с заметной разницей в тепловлагообеспеченности вегетационных периодов, между показателями слабозасушливого 2017 г. (ГТК 0,85) и сухого 2018 г. (ГТК 0,20). Так, на фоне нормы питания $N_{40}P_{40}K_{40}$ по варианту отвальной обработки отдача от применения удобрений составила соответственно 7,75 и 4,67 кг/кг, что отражает более эффективное использование удобрений (в 1,66 раза) в благоприятный по обеспеченности влагой и теплом год. Аналогичные показатели отдачи при норме $N_{80}P_{80}K_{80}$ – 6,29 и 3,79 кг/кг и разница в 1,66 раза – подтверждают указанную закономерность.

В целом за годы исследований отмечена лучшая отдача от применения удобрений на фоне питания $N_{40}P_{40}K_{40}$, где при разных способах основной обработки почвы соответствующие средние показатели достигали 3,33–6,33 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений. На фоне $N_{80}P_{80}K_{80}$ эти показатели не превышали 3,00–4,83 кг/кг. В абсолютном значении лучший показатель отмечен в варианте среднего фона питания и отвальной обработки – 6,33 кг/кг.

Отличия в обеспеченности вегетационных периодов яровой пшеницы влагой и теплом отразились не только на показателях урожайности, но и на соотношении элементов водного баланса культуры в годы исследований. Наглядно это просматривается на примере характерных данных, полученных в вариантах высокого фона удобрений $N_{80}P_{80}K_{80}$ при разных способах основной обработки. Основными элементами водного баланса яровой пшеницы являлись расход воды из почвы (ΔW), атмосферные осадки (X) (см. таблицу 1), суммарное водопотребление (E), коэффициент водопотребления (K_v). Грунтовые воды под опытным полем залегали на глубине более 5 м и в водном балансе культуры не учитывались (таблица 4).

Разница в показателях суммарного водопотребления пшеницы в вариантах в годы исследований была за счет некоторых отличий показателей

расхода воды из почвы при разных обработках почвы. Перед посевом несколько большие запасы влаги в слое 1 м отмечались в менее интенсивных вариантах обработки (поверхностной и комбинированной). Наибольшая разница во влагозапасах наблюдалась между вариантами поверхностной обработки и отвальной вспашки, которая не превышала 5–6 %. Однако уже к началу кушения эта разница нивелировалась.

Таблица 4 – Водный баланс яровой пшеницы в зависимости от способов основной обработки (слой 1 м)

Способ основной обработки	Год	ΔW , м ³ /га	X , м ³ /га	E , м ³ /га	K_v , м ³ /т
Отвальный	2017	1050	1591	2641	599
	2018	910	386	1296	406
	2019	970	1462	2432	701
	среднее	977	1146	2123	575
Комбинированный	2017	1070	1591	2661	655
	2018	930	386	1316	396
	2019	990	1462	2452	757
	среднее	997	1146	2143	605
Поверхностный	2017	1140	1591	2731	935
	2018	1040	386	1426	513
	2019	1080	1462	2542	873
	среднее	1087	1146	2233	778

Показатели водного баланса пшеницы в разные годы имели существенные отличия. Так, в вариантах отвальной обработки доля осадков в водном балансе культуры составила в 2017 г. 1591 м³/га, или 60,2 % от суммарного водопотребления. Аналогичное процентное выражение в 2018 г. снизилось до 29,8 %, а в 2019 г. поднялось до 60,1 %. Расход воды из почвы в водном балансе культуры имел обратно пропорциональные значения, составив в названные годы соответственно 39,8; 70,2 и 39,9 %. Количество выпавших осадков в 2017 г. (1591 м³/га) и 2018 г. (386 м³/га) отличалось в 4,1 раза, а отличие суммарного водопотребления было более чем в 2 раза. Аналогичные закономерности просматривались и при других обработках почвы.

Самые низкие коэффициенты водопотребления пшеницы и наиболее рациональное использование растениями влаги отмечены в 2018 г., соста-

вив: по отвальной обработке – 406 м³/т, комбинированной – 396 м³/т, поверхностной обработке – 513 м³/т. Следует отметить, что менее рациональное использование влаги пшеницей в более влажных 2017 и 2019 гг. в определенной степени объясняется недостаточно благоприятным для растений перераспределением осадков по периодам вегетации. Так, в 2019 г. в периоды «посев – всходы» и «восковая спелость – полная спелость», когда потребность культуры во влаге невысокая, выпало в сумме 662 мм осадков, что составляет 45,3 % от общего количества за весь вегетационный период.

В среднем коэффициент водопотребления пшеницы в варианте комбинированной обработки составил 605 м³/т, поверхностной – 778 м³/т. Наиболее рациональное использование влаги на получение единицы зерновой продукции отмечено на фоне отвальной вспашки (575 м³/т).

Заключение. Эффективность применения разных способов основной обработки почвы и фонов минерального питания при возделывании нового сорта яровой пшеницы Донэла М в богарных условиях в Ростовской области в значительной степени зависит от тепловлагообеспеченности вегетационных периодов.

В благоприятные годы (ГТК 0,85 и 0,74) более высокая урожайность, независимо от фона удобрений, получена при отвальном способе основной обработки, а в засушливый год (ГТК 0,20) – при комбинированном. В среднем за годы исследований самая высокая урожайность обеспечивалась отвальной обработкой на фоне N₈₀P₈₀K₈₀, составив 36,9 ц/га. При комбинированной обработке (поверхностная на 0,12–0,14 м + щелевание на 0,40–0,45 м) этот показатель был меньше на 1,5 ц/га, или на 4,1 %.

Наиболее эффективное использование удобрений отмечено на среднем фоне минерального питания (N₄₀P₄₀K₄₀) при отвальной вспашке – 6,33 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. В благоприятный по тепловлагообеспеченности год (ГТК = 0,85) эффектив-

ность использования удобрений была в 1,66 раза выше, чем в засушливый с ГТК = 0,20.

Самый низкий коэффициент водопотребления и наиболее рациональное использование влаги для получения единицы зерновой продукции отмечены в условиях отвальной вспашки (575 м³/т).

В условиях дефицита энергетических, минеральных и водных ресурсов, наряду с вариантом возделывания яровой пшеницы отвальная вспашка + фон удобрений N₈₀P₈₀K₈₀, возможно применение ресурсосберегающей комбинированной обработки и среднего фона N₄₀P₄₀K₄₀, позволяющих снизить энергозатраты и получить лучшую отдачу от применения удобрений.

Список использованных источников

- 1 Кумаков, В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В. А. Кумаков. – М.: Колос, 1988. – 104 с.
- 2 Казарцева, А. Т. Пшеница / А. Т. Казарцева, В. В. Казакова. – Краснодар, 2007. – 354 с.
- 3 Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. изд. / под ред. В. Ф. Федоренко, А. А. Завалина, Н. З. Милащенко. – М.: Росинформгротех, 2018. – 396 с.
- 4 Влияние элементов технологии на продуктивность яровой пшеницы в Ростовской области / В. Е. Зинченко, А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3(77). – С. 49–53.
- 5 Перспектива выращивания новых сортов твердой яровой пшеницы в условиях Орловской области / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, Н. Е. Павловская, П. Н. Мальчиков, Е. В. Костромичева, И. Н. Гагарина, В. А. Костромичева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2. – С. 52–57.
- 6 Бесалиев, И. Н. Урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от параметров показателя атмосферной засушливости периода вегетации в Оренбургском Предуралье и Зауралье / И. Н. Бесалиев, Г. Н. Сандакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4(72). – С. 62–65.
- 7 Гринько, А. В. Приемы возделывания яровых зерновых культур в богарных условиях Ростовской области / А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1. – С. 72–81.
- 8 Сорта полевых культур / отв. А. И. Грабовец. – Ростов н/Д., 2018. – 130 с.
- 9 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеенко, А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. В. Гринько, Л. М. Докучаева, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, Н. П. Кривко, Ю. Г. Кузнецов, В. А. Кулыгин, А. В. Лабынцев, В. В. Огнев, С. В. Пасько, С. А. Селицкий, Г. А. Сенчуков, О. А. Целуйко, В. В. Чулков; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.
- 10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

References

- 1 Kumakov V.A., 1988. *Biologicheskie osnovy vozdel'yvaniya yarovoy pshenitsy po intensivnoy tekhnologii* [Biological Foundations of Spring Wheat Cultivation Using an Intensive Technology]. Moscow, Kolos Publ., 104 p. (In Russian).
- 2 Kazartseva A.T., Kazakova V.V., 2007. *Pshenitsa* [Wheat]. Krasnodar, 354 p. (In Russian).
- 3 Fedorenko V.F., Zavalina A.A., Milashchenko N.Z., 2018. *Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy: nauch. izd.* [Scientific Basis for Production of High-Quality Wheat Grain: scientific edition]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 396 p. (In Russian).
- 4 Zinchenko V.E., Grin'ko A.V., Voshedsky N.N., Kuligin V.A., 2019. *Vliyanie elementov tekhnologii na produktivnost' yarovoy pshenitsy v Rostovskoy oblasti* [The influence of technology elements on spring wheat productivity in Rostov region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 3(77), pp. 49-53. (In Russian).
- 5 Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Pavlovskaya N.E., Mal'chikov P.N., Kostromicheva E.V., Gagarina I.N., Kostromicheva V.A., 2015. *Perspektiva vyrashchivaniya novykh sortov tverдой yarovoy pshenitsy v usloviyakh Orlovskoy oblasti* [Prospects of growing new varieties of durum spring wheat under the conditions of Oryol region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 2, pp. 52-57. (In Russian).
- 6 Besaliev I.N., Sandakova G.N., 2018. *Urozhaynost' yarovoy tverдой pshenitsy v zavisimosti ot parametrov pokazatelya atmosferynoy zasushlivosti perioda vegetatsii v Orenburgskom Predural'ye i Zaural'ye* [Dependence of spring durum wheat yields on atmospheric aridity during vegetation period under the conditions of Orenburg Urals and Trans-Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 4(72), pp. 62-65. (In Russian).
- 7 Grin'ko A.V., Voshedsky N.N., Kuligin V.A., 2020. *Priemy vozdel'yvaniya yarovykh zernovykh kul'tur v bogarnykh usloviyakh Rostovskoy oblasti* [Methods of cultivation of spring crops in rainfed conditions of Rostov region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 1, pp. 72-81. (In Russian).
- 8 Grabovets A.I., 2018. *Sorta polevykh kul'tur* [Varieties of Field Crops]. Rostov-on-Don, 130 p. (In Russian).
- 9 Avdeenko S.S., Babichev A.N., Balakai G.T., Voevodina L.A., Grin'ko A.V., Dokuchaeva L.M., Ivanova N.A., Il'inskaya I.N., Krivko N.P., Kuznetsov Yu.G., Kulygin V.A., Labyntsev A.V., Ognev V.V., Pas'ko S.V., Selitsky S.A., Senchukov G.A., Tseluyko O.A., Chulkov V.V., 2013. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2013–2020 gody* [Zonal Farming Systems of Rostov Region for 2013–2020]. Ministry of Agriculture and Food RF, Rostov-on-Don, 375 p. (In Russian).
- 10 Dospekhov B.A., 1979. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of Field Experience (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. 4th ed., Moscow, Kolos Publ., 416 p. (In Russian).

Вошедский Николай Николаевич

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: заведующий лабораторией ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: dzni-szr@mail.ru

Voshedskiy Nikolay Nikolayevich

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Head of the Laboratory of Landscape Agriculture, Agrochemistry and Varietal Agrotechnics

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Insitutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: dzni-szr@mail.ru

Кулыгин Владимир Анатольевич

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, п. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Kulygin Vladimir Anatolyevich

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Centre

Affiliation address: st. Insitutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru

Поступила в редакцию 02.06.2020

После доработки 06.07.2020

Принята к публикации 10.07.2020